

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-286504

(43)Date of publication of application : 13.10.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/22

H01S 5/343

(21)Application number : 2000-016925

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 26.01.2000

(72)Inventor : GOTO MASAKANE
HAYASHI NOBUHIKO

(30)Priority

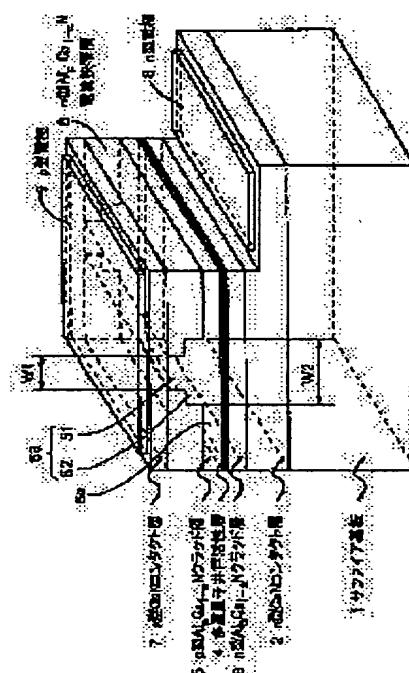
Priority number : 11016559 Priority date : 26.01.1999 Priority country : JP

(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain high yield in a self-oscillating type nitride semiconductor laser element, wherein a substrate is overlaid with an n-type clad layer, an active layer and a p-type clad layer, the p-type clad layer is provided with a stripe part protruding upward, and n-type current-constriction layers are formed on both sides of the stripe part, respectively.

SOLUTION: In a nitride semiconductor laser element, a stripe part 53 of a p-type clad layer 5 comprises an upper step stripe part 51 and a lower step stripe part 52, and the upper step stripe part 51 has a minimum width $W1$ at a boundary position with the lower step stripe part 52, and a width $W2$ at a lower end position of the lower step stripe part 52 is formed wider than the minimum width $W1$ of the upper step stripe part 51.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.05.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 10.09.2002

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-286504
(P2000-286504A)

(43) 公開日 平成12年10月13日 (2000. 10. 13)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テームコード* (参考)

H 0 1 S 5/22

H 0 1 S 5/22

5/343

5/343

審査請求 有 請求項の数12 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-16925(P2000-16925)

(22) 出願日 平成12年1月26日 (2000. 1. 26)

(31) 優先権主張番号 特願平11-16559

(32) 優先日 平成11年1月26日 (1999. 1. 26)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 後藤 壮謙

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72) 発明者 林 伸彦

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(74) 代理人 100100114

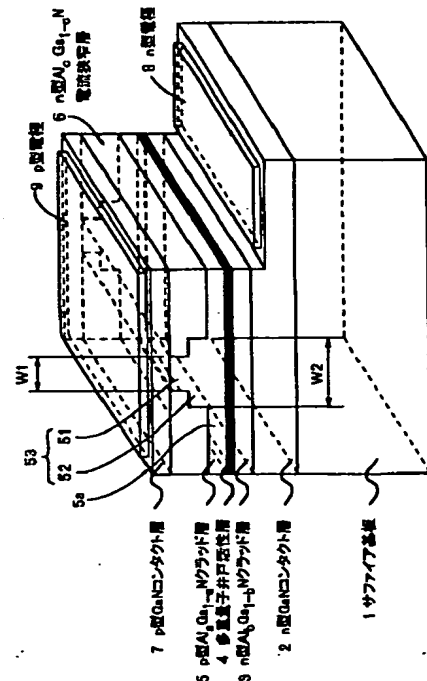
弁理士 西岡 伸泰

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体レーザ素子

(57) 【要約】

【課題】 基板1上に、n型クラッド層3、活性層4、及びp型クラッド層5が形成され、p型クラッド層5は上向きに突出するストライプ部53を具え、該ストライプ部53の両側にn型電流狭窄層6、6を形成している自励発振型の窒化物半導体レーザ素子において、従来よりも高い歩留まりを実現する。

【解決手段】 本発明に係る窒化物半導体レーザ素子において、p型クラッド層5のストライプ部53は、上段ストライプ部51及び下段ストライプ部52から構成され、上段ストライプ部51は、下段ストライプ部52との境界位置にて最小幅W1を有し、下段ストライプ部52の下端位置での幅W2は、上段ストライプ部51の最小幅W1よりも大きく形成されている。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に形成された第 1 導電型の窒化物半導体からなる第 1 クラッド層 (3) と、第 1 クラッド層 (3) 上に形成された活性層 (4) と、活性層 (4) 上に形成された第 2 導電型の窒化物半導体からなる第 2 クラッド層 (5) とを具え、第 2 クラッド層 (5) は、活性層 (4) を覆って形成された平坦部 (5a) と、該平坦部 (5a) の中央部に上向きに突設された二段ストライプ部 (53) とを具え、該二段ストライプ部 (53) の両側には、第 1 導電型の窒化物半導体からなる電流狭窄層 (6) (6) が形成され、第 2

クラッド層 (5) の二段ストライプ部 (53) は、平坦部 (5a) 上に形成された下段ストライプ部 (52) と、該下段ストライプ部 (52) 上に形成された上段ストライプ部 (51) とから構成されて、平坦部 (5a) に向かって断面積が変化しており、上段ストライプ部 (51) と下段ストライプ部 (52) の境界位置を境として断面積の変化率が正方向に増大している窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 2】 第 2 クラッド層 (5) の上段ストライプ部 (51) の断面積は平坦部 (5a) に向かって略一定若しくは縮小し、上段ストライプ部 (51) と下段ストライプ部 (52) の境界位置にて、二段ストライプ部 (53) の断面積が急激に増大している請求項 1 に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 3】 基板上に形成された第 1 導電型の窒化物半導体からなる第 1 クラッド層 (3) と、第 1 クラッド層 (3) 上に形成された活性層 (4) と、活性層 (4) 上に形成された第 2 導電型の窒化物半導体からなる第 2 クラッド層 (5) とを具え、第 2 クラッド層 (5) は、活性層 (4) を覆って形成された平坦部 (5a) と、該平坦部 (5a) の中央部に上向きに突設された二段ストライプ部 (53) とを具え、該二段ストライプ部 (53) の両側には、第 1 導電型の窒化物半導体からなる電流狭窄層 (6) (6) が形成され、第 2

クラッド層 (5) の二段ストライプ部 (53) は、平坦部 (5a) 上に形成された下段ストライプ部 (52) と、該下段ストライプ部 (52) 上に形成された上段ストライプ部 (51) とから構成され、上段ストライプ部 (51) の長手方向とは直交する方向の幅は、下段ストライプ部 (52) の同方向の幅よりも小さく形成されている窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 4】 第 2 クラッド層 (5) の上段ストライプ部 (51) は、下段ストライプ部 (52) との境界位置にて最小幅 W1 を有し、下段ストライプ部 (52) の下端位置での幅 W2 は、前記上段ストライプ部 (51) の最小幅 W1 よりも大きく形成されている請求項 3 に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 5】 第 2 クラッド層 (5) の下段ストライプ部 (52) は、上段ストライプ部 (51) との境界位置を境として上段ストライプ部 (51) の両側面よりも外側へ突出し、該突出部の上面は活性層 (4) の上面と実質的に平行であって、上段ストライプ部 (51) と下段ストライプ部 (52) の境界位置において、下段ストライプ部 (52) の幅は上段スト

2

ライプ部 (51) の幅よりも大きく形成されている請求項 3 に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 6】 電流狭窄層 (6) (6) は、第 2 クラッド層 (5) よりもバンドギャップエネルギーが大きく、且つ屈折率の小さい材料から形成されている請求項 1 乃至請求項 5 の何れかに記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 7】 電流狭窄層 (6) (6) は、活性層 (4) よりもバンドギャップエネルギーが小さく、活性層で発生した光を吸収することによってレーザ光の導波を行なう請求項 1 乃至請求項 5 の何れかに記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 8】 第 2 クラッド層 (5) の二段ストライプ部 (53) は、そのストライプ形状の長手方向が窒化物半導体結晶の $[1 \ 1 \ -2 \ 0]$ 方向となる様に形成されており、上段ストライプ部 (51) は、平坦部 (5a) に向かって断面積が縮小している請求項 1 乃至請求項 7 の何れかに記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 9】 基板は、サファイア若しくは GaP から形成されている請求項 8 に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 10】 第 2 クラッド層 (5) の二段ストライプ部 (53) は、そのストライプ形状の長手方向が窒化物半導体結晶の $[1 \ -1 \ 0 \ 0]$ 方向となる様に形成されており、上段ストライプ部 (51) は、平坦部 (5a) に向かって断面積が略一定である請求項 1 乃至請求項 7 の何れかに記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 11】 基板は、GaN、Si、6H-SiC、4H-SiC、MgO、若しくは MgAl₂O₄ から形成されている請求項 10 に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項 12】 活性層 (4) に対する電流注入領域幅が活性層 (4) における発光スポット幅よりも小さく設定されて、電流注入領域の周囲に過飽和吸収領域が形成される請求項 1 乃至請求項 11 の何れかに記載の窒化物半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、窒化物半導体から形成されたレーザ素子に関し、特に、自励発振が可能な窒化物半導体レーザ素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体レーザ素子は、光通信、光記録などの様々な分野で利用されているが、特に光ディスクシステムを中心とする光記録の分野で広く普及している。半導体レーザ素子を光ディスクシステム用光源として用いる場合、対物レンズによって光ディスク上に集光されるスポットの径は、半導体レーザ素子の発振波長に正比例するので、発振波長が短い程、光ディスク上のスポット径は小さくなり、光ディスクの記録容量が増大する。

これまでに実用化されている AlGaInP 系半導体レ

3

ーザ素子は、発振波長が約 650 nm であるのに対し、窒化物半導体レーザ素子の発振波長は 400 nm 程度と短い。そこで、光ディスクシステムにおける記録容量の増大を図るべく、窒化物半導体レーザの開発が進められている。

【0003】又、ダブルヘテロ接合構造を有する半導体レーザ素子として、図 11 に示すリッジストライプ型の半導体レーザ素子と、図 12 に示すセルフアライン型の半導体レーザ素子が知られている。リッジストライプ型の半導体レーザ素子は図 11 に示す如く、サファイアなどからなる基板(10)上に、n 型のクラッド層(3)、活性層(4)、p 型のクラッド層(561)、n 型の電流狭窄層(611)及び p 型のコンタクト層(7)を積層して構成されており、p 型クラッド層(561)は、上向きに突出するリッジストライプ部(50)を具えている。又、セルフアライン型の半導体レーザ素子は図 12 に示す如く、サファイアなどからなる基板(10)上に、n 型のクラッド層(3)、活性層(4)、p 型の第 1 クラッド層(57)、n 型の電流狭窄層(62)、p 型の第 2 クラッド層(58)及び p 型のコンタクト層(7)を積層して構成されており、p 型の第 2 クラッド層(58)は、下向きに突出するリッジストライプ部(60)を具えている。

【0004】リッジストライプ型の半導体レーザ素子は図 13 (a)～(d) に示す工程を経て作製される。まず、同図(a)の如く、基板(10)上に、n 型コンタクト層(2)、n 型クラッド層(3)、活性層(4)及び p 型クラッド層(59)を積層した後、p 型クラッド層(59)の表面にマスク(15)を形成する。次に同図(b)の如く、マスク(15)を介して p 型クラッド層(59)にドライエッチングを施し、リッジストライプ部(50)を形成する。続いて同図(c)の如く、リッジストライプ部(50)に残ったマスク(15)を利用して、n 型電流狭窄層(611)を選択的に成長させた後、同図(d)の如くマスク(15)を除去し、p 型コンタクト層(7)を成長させるのである。

【0005】尚、AlGaAs 系赤外半導体レーザ素子や、AlGaInP 系赤色半導体レーザ素子においては、予め p 型クラッド層中に、特定のエッチング液に対して p 型クラッド層よりもエッチングされ難い性質を有するエッチングストップ層を挿入しておくことによって、リッジストライプ部(50)を高精度に形成することが出来る。しかしながら、窒化物半導体レーザ素子においては、適切なエッチング液が見出されていないため、上述の如き化学的なエッチングによるリッジストライプ部の形成は困難である。そこで、従来は、図 13 (a)(b)の如く p 型クラッド層(59)にドライエッチングを施することによって、リッジストライプ部(50)を形成している。

【0006】又、セルフアライン型の半導体レーザ素子は図 14 (a)～(c) に示す工程を経て作製される。まず同図(a)の如く、基板(10)上に、n 型コンタクト層

4

(2)、n 型クラッド層(3)、活性層(4)、p 型第 1 クラッド層(57)、及び n 型電流狭窄層(63)を積層した後、n 型電流狭窄層(63)の表面にマスク(16)(16)を形成する。次に同図(b)の如く、マスク(16)(16)を介して n 型電流狭窄層(63)にドライエッチングを施し、p 型第 1 クラッド層(57)が露出する深さまで n 型電流狭窄層(63)の一部を除去する。続いて、同図(c)の如く、マスク(16)(16)を除去し、p 型第 2 クラッド層(58)及び p 型コンタクト層(7)を成長させるのである。

10 【0007】

【発明が解決しようとする課題】リッジストライプ型の半導体レーザ素子の製造においては、3 回の結晶成長工程が必要となる。又、n 型電流狭窄層(611)下方の p 型クラッド層(561)の厚さ t をドライエッチングで制御する必要がある、この制御が困難である。p 型クラッド層(561)の厚さが適正値よりも小さくなると、後述の自励発振が起こり難くなり、p 型クラッド層(561)の厚さが適正値よりも大きくなると、後工程で成長させる n 型電流狭窄層(611)の厚さが小さくなって、電流をブロックする効果が不十分となる。

【0008】これに対し、セルフアライン型の半導体レーザ素子の製造においては、結晶成長工程が 2 回で済む。又、n 型電流狭窄層(62)下方の p 型クラッド層(57)の厚さを結晶成長で制御することが出来る。しかしながら、セルフアライン型の半導体レーザ素子においては、n 型電流狭窄層の一部をドライエッチングによって除去する際に、発光部及び電流注入領域に損傷を与える虞れがあり、このような損傷が発光に悪影響を及ぼす場合がある。

【0009】ところで、半導体レーザ素子を光学部品として具えた光ディスクプレーヤにおいては、光ディスクからの戻り光に対して低雑音であることが要求される。そこで、シングルモード発振型の半導体レーザ素子の駆動信号に数百 MHz ～ 1 GHz 程度の高周波を重畳してマルチモード化する方法や、半導体レーザ素子を自励発振させる方法(例えば「半導体レーザにおける自励振動現象の理論解析」電子情報通信学会技術報告書、OQE92-16 参照)が採用される。高周波の重畳によってマルチモード化する方法は外部回路が必要になるため、装置の小型化、低コスト化の観点からは自励発振させる方法が望ましい。自励発振は、活性層において電流が注入される領域(活性領域)の周囲に過飽和吸収領域と呼ばれる光吸収領域を形成することによって発生する。

【0010】そこで、リッジストライプ型やセルフアライン型の半導体レーザ素子において、図 11 に示すストライプ幅 W 、n 型電流狭窄層(61)下方の p 型クラッド層(56)の厚さ t 、活性層(4)の厚さ d などの素子構造パラメータを最適化することによって、発光スポット幅を電流注入領域幅よりも拡げ、自励発振を発生させる方法が採用されている。又、活性層を厚膜化することによ

50

5

て、活性層内の電流注入領域の側部を過飽和吸収領域として作用させる方法が採用されている。

【0011】しかしながら、図11に示すリッジストライプ型の半導体レーザ素子においては、リッジストライプ部(50)が下方へ拡大した断面形状を有しているため、この形状に沿って電流が拡がった状態で活性層(4)へ注入される。この結果、リッジストライプ部(50)の下端位置における幅Wよりも更に拡がった電流注入領域が形成され、電流注入領域幅と発光スポット幅が略同一となる。又、図12に示すセルフアライン型の半導体レーザ素子においては、リッジストライプ部(60)が下方へ縮小した断面形状を有しているため、この形状に沿って電流が縮小した状態で活性層(4)へ注入される。この結果、リッジストライプ部(60)の下端位置における幅Wよりも狭まった電流注入領域が形成されるが、発光スポット幅も狭められるので、電流注入領域幅と発光スポット幅が略同一となる。

【0012】この様に、従来の半導体レーザ素子では、リッジストライプ型、セルフアライン型の何れの構造においても、電流注入領域幅と発光スポット幅が略同一となるので、上述の如くリッジストライプ部のストライプ幅W、クラッド層の厚さt、活性層の厚さdなどの素子構造パラメータを最適化する場合、パラメータ選択の自由度が低い問題があった。

【0013】又、自励発振型の半導体レーザを高い歩留まりで作製するためには、各素子構造パラメータを精度良く仕上げる必要があるが、ストライプ幅Wはマスクの形成精度、クラッド層厚さtはエッチングの制御性、活性層厚さdは結晶成長時の膜厚の制御性によって精度が左右され、特にリッジストライプ部を形成するためのドライエッチングにおいては、エッチング量の制御が困難であるため、高精度のクラッド層厚さtを得ることが出来ず、歩留まりが低い問題があった。更に又、活性層を厚膜化する構成では、閾値電流や非点隔差が増大するという問題が発生する。

【0014】そこで本発明の目的は、発振波長の短い窒化物半導体レーザ素子において、従来よりも高い歩留まりで作製することが出来、然も閾値電流や非点隔差が増大することのない自励発振型の窒化物半導体レーザ素子を提供することである。

【0015】

【課題を解決する為の手段】本発明に係る窒化物半導体レーザ素子は、基板上に形成された第1導電型の窒化物半導体からなる第1クラッド層(3)と、第1クラッド層(3)上に形成された活性層(4)と、活性層(4)上に形成された第2導電型の窒化物半導体からなる第2クラッド層(5)とを具えている。第2クラッド層(5)は、活性層(4)を覆って形成された平坦部(5a)と、該平坦部(5a)の中央部に上向きに突設された二段ストライプ部(53)とを具え、該二段ストライプ部(53)の両側には、第1導電型

(4)

6

の窒化物半導体からなる電流狭窄層(6)(6)が形成されている。第2クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)は、平坦部(5a)上に形成された下段ストライプ部(52)と、該下段ストライプ部(52)上に形成された上段ストライプ部(51)とから構成されて、平坦部(5a)に向かって断面積が変化しており、上段ストライプ部(51)と下段ストライプ部(52)の境界位置を境として断面積の変化率が正方向に増大している。尚、第1導電型とは、p型及びn型の一方を意味し、第2導電型とは、p型及びn型の他方を意味する。

【0016】上記本発明の窒化物半導体レーザ素子においては、第2クラッド層(5)が上段ストライプ部(51)及び下段ストライプ部(52)からなる二段ストライプ部(53)を具えて、上段ストライプ部(51)と下段ストライプ部(52)の境界位置を境として、二段ストライプ部(53)の断面積の変化率が正方向に増大しているため、少なくとも該境界位置の近傍にて、上段ストライプ部(51)の断面積は下段ストライプ部(52)の断面積よりも小さくなる。又、特に窒化物半導体レーザ素子においては、p型半導体層の高濃度化が困難であるため、上段ストライプ部(51)で狭窄された電流は横方向に拡がり難い性質がある。

【0017】従って、第2クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)中を活性層(4)へ向けて流れる電流は、上段ストライプ部(51)によって横方向への電流の拡がりを抑制された状態で活性層(4)へ流れ込む。又、下段ストライプ部(52)の幅が上段ストライプ部(51)の幅よりも拡大しているために、活性層(4)に形成される発光スポットの幅は、上記電流注入領域幅よりも大きくなる。この結果、電流注入領域の周囲に過飽和吸収領域が形成されることとなり、自励発振が発生するのである。

【0018】上段ストライプ部(51)と下段ストライプ部(52)の境界位置を境として、二段ストライプ部(53)の断面積の変化率が正方向に増大することとなる具体的な態様としては、例えば、上段ストライプ部(51)の断面積は平坦部(5a)に向かって略一定若しくは縮小し、上段ストライプ部(51)と下段ストライプ部(52)の境界位置にて、二段ストライプ部(53)の断面積が急激に増大する態様が挙げられる。

【0019】又、本発明に係る他の窒化物半導体レーザ素子においては、第2クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)は、平坦部(5a)上に形成された下段ストライプ部(52)と、下段ストライプ部(52)上に形成された上段ストライプ部(51)とから構成され、上段ストライプ部(51)の長手方向とは直交する方向の幅は、下段ストライプ部(52)の同方向の幅よりも小さく形成されている。

【0020】例えば、上段ストライプ部(51)が下段ストライプ部(52)との境界位置にて最小幅W1を有し、下段ストライプ部(52)の下端位置での幅W2が前記上段ストライプ部(51)の最小幅W1よりも大きく形成されている。或いは、下段ストライプ部(52)は、上段ストライプ

50

(5)

7

部(51)との境界位置を境として上段ストライプ部(51)の両側面よりも外側へ突出し、該突出部の上面は活性層(4)の上面と実質的に平行であって、上段ストライプ部(51)と下段ストライプ部(52)の境界位置において、下段ストライプ部(52)の幅は上段ストライプ部(51)の幅よりも大きく形成されている。

【0021】上記具体的構成においては、上段ストライプ部(51)の幅 W_1 が下段ストライプ部(52)の幅 W_2 よりも小さく形成されているので、二段ストライプ部(53)中を活性層(4)へ向けて流れる電流は、上段ストライプ部(51)の幅 W_1 によって規制され、横方向への電流の拡がりを抑制された状態で活性層(4)へ流れ込む。従って、活性層(4)の電流注入領域幅は上段ストライプ部(51)の幅 W_1 に応じた大きさとなる。一方、下段ストライプ部(52)は上段ストライプ部(51)よりも拡大しているの、下段ストライプ部(52)によって発光スポット幅が横方向に拡大される。従って、活性層(4)の発光スポット幅は下段ストライプ部(52)の幅 W_2 に応じた大きさとなり、上記電流注入領域幅よりも大きくなる。この結果、電流注入領域の周囲に過飽和吸収領域が形成されることとなり、自励発振が発生する。

【0022】尚、電流狭窄層(6)(6)は、第2クラッド層(5)よりもバンドギャップエネルギーが大きく、且つ屈折率の小さい材料から形成することが出来る。或いは、電流狭窄層(6)(6)は、活性層(4)よりもバンドギャップエネルギーが小さい材料から形成することが出来る、この場合、活性層(4)で発生した光を吸収することによってレーザ光の導波を行なう。

【0023】具体的構成において、第2型クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)は、そのストライプ形状の長手方向が窒化物半導体結晶の $[1\ 1\ -2\ 0]$ 方向となる様に形成されており、上段ストライプ部(51)は、平坦部(5a)に向かって断面積が縮小している。この場合、前記基板として、サファイア基板若しくはGaP基板を採用することが出来る。

【0024】他の具体的構成において、第2クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)は、そのストライプ形状の長手方向が窒化物半導体結晶の $[1\ -1\ 0\ 0]$ 方向となる様に形成されており、上段ストライプ部(51)は、平坦部(5a)に向かって断面積が略一定である。この場合、前記基板として、GaN基板、Si基板、6H-SiC基板、4H-SiC基板、MgO基板、若しくはMgAl₂O₄基板を採用することが出来る。

【0025】

【発明の効果】本発明に係る窒化物半導体レーザ素子によれば、上段ストライプ部によって電流注入領域幅を規定し、下段ストライプ部によって発光スポット幅を規定することが出来るので、従来の半導体レーザ素子に比べて容易に自励発振を発生させることが出来る。このため、素子構造パラメータの最適化において自由度が高く

8

なると共に、従来の半導体レーザ素子の場合と比べてパラメータの寸法精度の許容範囲が大きくなり、歩留まり良く自励発振型の半導体レーザ素子を作製することが出来る。又、自励発振のために活性層を厚膜化する必要がないので、閾値電流や非点隔差を増大させることなく、自励発振を実現することが出来る。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る窒化物半導体レーザ素子の実施の形態につき、図面に沿って具体的に説明する。

第1実施例

本実施例の窒化物半導体レーザ素子は、図1及び図2に示す如く、サファイア基板(1)上に、Ga_{1-x}N_xからなる厚さ4.5 μ mのn型コンタクト層(2)、Al_{1-b}Ga_{1-b}Nからなる厚さ0.8 μ mのn型クラッド層(3)、多重量子井戸構造を有する活性層(4)、Al_{1-a}Ga_{1-a}Nからなる厚さ0.8 μ mのp型クラッド層(5)、Al_{1-c}Ga_{1-c}Nからなるn型電流狭窄層(6)(6)、及びGa_{1-x}N_xからなる厚さ0.05 μ mのp型コンタクト層(7)を積層して構成されている。p型クラッド層(5)は、活性層(4)の表面を覆って形成された平坦部(5a)と、該平坦部(5a)の中央部に上向きに突設された下段ストライプ部(52)及び上段ストライプ部(51)からなる二段ストライプ部(53)とから構成されている。該二段ストライプ部(53)の上面はp型コンタクト層(7)と接触し、その両側面はn型電流狭窄層(6)(6)と接触している。ここで、上段ストライプ部(51)の幅 W_1 は、下段ストライプ部(52)の幅 W_2 よりも小さく形成されている。

【0027】n型コンタクト層(2)上にはn型電極(8)が設置されると共に、p型コンタクト層(7)上にはp型電極(9)が設置されている。又、活性層(4)は、図3に示す如くIn_xGa_{1-x}Nからなる厚さ8nmの井戸層(42)と、In_yGa_{1-y}Nからなる厚さ16nmの障壁層(41)とを、交互に積層したものであって($x > y$; 例えば、 $x = 0.13$ 、 $y = 0.05$)、井戸層(42)の積層数は図示する3層に限らず、任意の積層数を採用することが出来る。

【0028】尚、図1に示す素子構造においては、Al_{1-c}Ga_{1-c}Nからなるn型電流狭窄層(6)(6)の屈折率はAl_{1-a}Ga_{1-a}Nからなるp型クラッド層(5)の屈折率よりも低く設定され($0 < a < c \leq 1$)、これによって実屈折率導波型構造が実現されているが、Al_{1-c}Ga_{1-c}Nからなるn型電流狭窄層(6)(6)に代えて、In_zGa_{1-z}Nからなるn型電流狭窄層を形成して、電流狭窄層のバンドギャップを活性層(4)のバンドギャップよりも小さく設定することにより、活性層(4)で発生した光の吸収によって横モードを制御する損失導波型構造を実現することも可能である。又、サファイア基板(1)に代えて、Ga_{1-x}N_x基板、SiC基板などを採用することも可能である。

(6)

9

【0029】図4(a)~(e)は、上記窒化物半導体レーザ素子の製造工程を表わしている。先ず同図(a)に示す如く、サファイア基板(1)上に、n型コンタクト層(2)、n型クラッド層(3)、活性層(4)、及びp型クラッド層(54)を積層した後、p型クラッド層(54)上に、 SiO_2 マスク(11)をNiマスク(12)で覆った2層マスクを形成する。次に同図(b)に示す如く、p型クラッド層(54)に対し、マスク(11)(12)を介して、四塩化炭素 CCl_4 による第1回目のドライエッチングを施す。

【0030】続いて、塩素 Cl_2 による第2回目のドライエッチングを施す。ここで、Niマスク(12)はエッチングされるが、 SiO_2 マスク(11)はエッチングされない。図4(c)の如くNiマスク(12)とその下部が除去され、上段ストライプ部(51)及び下段ストライプ部(52)からなる二段リッジが形成されることになる。その後、同図(d)の如くリッジ上に残ったマスク(11)を利用して、n型電流狭窄層(6)を選択的に成長させる。最後に、同図(e)の如くマスク(11)を除去した後、p型コンタクト層(7)を成長させるのである。

【0031】又、図5(a)~(e)は、上記窒化物半導体レーザ素子の他の製造工程を表わしている。先ず同図(a)に示す如く、サファイア基板(1)上に、n型コンタクト層(2)、n型クラッド層(3)、活性層(4)、及びp型クラッド層(54)を積層した後、p型クラッド層(54)上に、マスク(13)を形成する。次に同図(b)に示す如く、p型クラッド層(54)に対し、マスク(13)を介して第1回目のドライエッチングを施し、ストライプ(55)を形成する。

【0032】続いて、図5(c)に示す如く前記マスク(13)を除去した後、ストライプ(55)上に、リッジ幅よりも狭い幅のマスク(14)を形成する。そして、同図(d)の如くマスク(14)を介して第2回目のドライエッチングを施し、上段ストライプ部(51)及び下段ストライプ部(52)からなる二段リッジを形成する。その後、同図(e)の如くリッジ上に残ったマスク(14)を利用して、n型電流狭窄層(6)を選択的に成長させる。最後に、図4(e)と同様に、マスク(14)を除去した後、p型コンタクト層(7)を成長させるのである。

【0033】図1及び図2に示す窒化物半導体レーザ素子においては、上段ストライプ部(51)の幅 W_1 が下段ストライプ部(52)の幅 W_2 よりも小さく形成されているので、ストライプ(53)中を活性層(4)へ向けて流れる電流は、上段ストライプ部(51)によって狭窄され、横方向への電流の広がりを抑制された状態で活性層(4)へ流れ込む。従って、活性層(4)の電流注入領域幅は上段ストライプ部(51)の幅 W_1 に応じた大きさとなる。一方、下段ストライプ部(52)は上段ストライプ部(51)よりも拡大しているため、下段ストライプ部(52)によって発光スポット幅が横方向に拡大される。従って、活性層(4)の発光スポット幅は下段ストライプ部(52)の幅 W_2 に応じた大

10

きさとなり、上記電流注入領域幅よりも大きくなる。この結果、電流注入領域の周囲に過飽和吸収領域が形成されることとなり、自励発振が発生するのである。

【0034】第2実施例

本実施例の窒化物半導体レーザ素子は、図6に示す如く、サファイア基板(1)上に、Ga_{0.5}Nからなるn型コンタクト層(2)、Al_{0.5}Ga_{0.5}Nからなるn型クラッド層(3)、多重量子井戸構造を有する活性層(4)、Al_{0.5}Ga_{0.5}Nからなるp型クラッド層(5)、Al_{0.5}Ga_{0.5}Nからなるn型電流狭窄層(6)(6)、及びGa_{0.5}Nからなるp型コンタクト層(7)を積層して構成されている。p型クラッド層(5)は、活性層(4)の表面を覆って形成された第1平坦部(5a)と、該第1平坦部(5a)の中央部に上向きに突設された下段ストライプ部(52)及び上段ストライプ部(51)からなる二段ストライプ部(53)と、二段ストライプ部(53)及びn型電流狭窄層(6)(6)を覆って形成された第2平坦部(5b)とから構成され、二段ストライプ部(53)の両側面がn型電流狭窄層(6)(6)と接触している。尚、n型コンタクト層(2)の厚さは $4.5\mu\text{m}$ 、n型クラッド層(3)の厚さは $1.0\mu\text{m}$ 、p型クラッド層(5)の第1平坦部(5a)の厚さは $0.15\mu\text{m}$ 、n型電流狭窄層(6)(6)の厚さは $0.30\mu\text{m}$ 、p型クラッド層(5)の第2平坦部(5b)の厚さは $0.10\mu\text{m}$ 、p型コンタクト層(7)の厚さは $0.10\mu\text{m}$ である。

【0035】ここで、p型クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)は、第1平坦部(5a)に向かって断面積が変化しており、上段ストライプ部(51)と下段ストライプ部(52)の境界位置を境として断面積の変化率が正方向に増大している。即ち、上段ストライプ部(51)の断面積は第1平坦部(5a)に向かって縮小し、上段ストライプ部(51)と下段ストライプ部(52)の境界位置にて、下段ストライプ部(52)の断面積が急激に増大して、略同一の断面積で第1平坦部(5a)に至っている。これによって、上段ストライプ部(51)は下段ストライプ部(52)との境界位置に最小幅 $W_1 (= 2\mu\text{m})$ を有し、該幅 W_1 が下段ストライプ部(52)の下端位置の幅 $W_2 (= 2.5\mu\text{m})$ よりも小さく形成されている。尚、下段ストライプ部(52)の高さは $0.1\mu\text{m}$ である。

【0036】又、p型クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)は、そのストライプ形状の長手方向が窒化物半導体結晶の $[1\ 1\ -2\ 0]$ 方向となる様に形成されている。

【0037】n型コンタクト層(2)上にはn型電極(8)が設置されると共に、p型コンタクト層(7)上にはp型電極(9)が設置されている。又、活性層(4)は、図3に示す第1実施例における構成と同一である。尚、サファイア基板(1)に代えて、GaP基板を採用することも可能である。

【0038】図8(a)~(d)は、上記窒化物半導体レーザ素子の製造工程を表わしている。先ず同図(a)に示す

(7)

11

如く、サファイア基板(1)を結晶成長装置に収容して、サファイア基板(1)上に、MOCVD法(有機金属化学的気相成長法)等を用いて、Ga_{0.5}N_{0.5}からなるn型コンタクト層(2)、AlGa_{0.5}N_{0.5}からなるn型クラッド層(3)、活性層(4)、及びAlGa_{0.5}N_{0.5}からなるp型第1クラッド層(56a)を連続的に成長させる。その後、基板(1)を結晶成長装置から取り出し、第1クラッド層(56a)上にSiO₂マスク(15)を形成する。この際、マスク(15)は、窒化物半導体結晶の[11-20]方向に沿って形成する。

【0039】次に基板(1)を結晶成長装置に戻して、図8(b)に示す如く、第1クラッド層(56a)上にn型AlGa_{0.5}N_{0.5}電流狭窄層(6)を成長させる。この際、最適な結晶成長条件を選択することによって、図示の如く、マスク(15)の両側部と第1クラッド層(56a)の露出面を覆うn型電流狭窄層(6)を選択的に成長させることが出来る。この結果、電流狭窄層(6)には、マスク(15)の表面を基点して、活性層(4)の表面に対する傾斜角度θが約62°の平坦な斜面が形成されることになる。

【0040】その後、基板(1)を再び結晶成長装置から取り出して、図8(c)に示す如く、マスク(15)をフッ酸等により化学的に除去した後、基板(1)を結晶成長装置内に戻す。そして、マスク(15)の除去によって露出した第1クラッド層(56a)の表面、n型電流狭窄層(6)の前記斜面及び表面を覆って、p型AlGa_{0.5}N_{0.5}層を成長させ、これによって二段ストライプ部(53)及び第2クラッド層(56b)を形成する。ここで、n型電流狭窄層(6)の斜面は上述の如く平坦であるため、結晶性の良好なp型AlGa_{0.5}N_{0.5}層が成長する。これによって、二段ストライプ部(53)のn型電流狭窄層(6)との界面における結晶状態は良好なものとなる。尚、二段ストライプ部(53)は、そのストライプ形状の長手方向が窒化物半導体結晶の[11-20]方向となる。

【0041】続いて、第2クラッド層(56b)上にp型Ga_{0.5}N_{0.5}コンタクト層(7)を成長させた後、基板(1)を結晶成長装置から取り出し、p型コンタクト層(7)上にストライプ状のマスク(16)を形成する。そして、マスク(16)を介して、p型コンタクト層(7)の表面に対してドライエッチングを施し、同図(d)の如く、n型コンタクト層(2)の表面を露出させる。最後に、マスク(16)を除去し、p型コンタクト層(7)及びn型コンタクト層(2)の表面にそれぞれp型電極(9)及びn型電極(8)を形成する。

【0042】図6に示す窒化物半導体レーザ素子においては、p型クラッド層(5)の上段ストライプ部(51)は下段ストライプ部(52)との境界位置に最小幅W₁を有し、該幅W₁が下段ストライプ部(52)の下端位置の幅W₂よりも小さく形成されているので、二段ストライプ部(53)中を活性層(4)へ向けて流れる電流は、上段ストライプ部(51)によって狭窄され、横方向への電流の広がりを抑

12

制された状態で活性層(4)へ流れ込む。従って、活性層(4)の電流注入領域幅は上段ストライプ部(51)の幅W₁に応じた大きさとなる。一方、下段ストライプ部(52)は上段ストライプ部(51)よりも拡大しているため、下段ストライプ部(52)によって発光スポット幅が横方向に拡大される。従って、活性層(4)の発光スポット幅は下段ストライプ部(52)の幅W₂に応じた大きさとなり、上記電流注入領域幅よりも大きくなる。この結果、電流注入領域の周囲に過飽和吸収領域が形成されることとなり、自励発振が発生するのである。

【0043】又、上記窒化物半導体レーザ素子においては、サファイア基板(1)上に六方晶の窒化物半導体結晶を成長させる場合、窒化物半導体結晶の方向は、基板の結晶に対して30°回転した方向となる。従って、p型クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)を窒化物半導体結晶の[11-20]方向に形成して、窒化物半導体結晶の(11-20)面でへき開を行なう場合、サファイア基板(1)は(1-100)面でへき開することになる。六方晶における主へき開面は(1-100)面であるから、大きな厚さを有するサファイア基板(1)の(1-100)面でのへき開を容易に行なうことが出来る。

【0044】然も、上述の如くp型クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)とn型電流狭窄層(6)の界面における結晶状態が良好であるため、レーザ発振に寄与しない無効電流が減少し、レーザ光の不要な吸収が抑制されるので、半導体レーザ素子の特性が向上する。

【0045】第3実施例

本実施例の窒化物半導体レーザ素子は、図7に示す如く、Ga_{0.5}N_{0.5}基板(11)上に、Ga_{0.5}N_{0.5}からなるn型コンタクト層(2)、AlGa_{0.5}N_{0.5}からなるn型クラッド層(3)、多重量子井戸構造を有する活性層(4)、AlGa_{0.5}N_{0.5}からなるp型クラッド層(5)、AlGa_{0.5}N_{0.5}からなるn型電流狭窄層(6)(6)、及びGa_{0.5}N_{0.5}からなるp型コンタクト層(7)を積層して構成される。p型クラッド層(5)は、活性層(4)の表面を覆って形成された第1平坦部(5a)と、該第1平坦部(5a)の中央部に上向きに突設された下段ストライプ部(52)及び上段ストライプ部(51)からなる二段ストライプ部(53)と、二段ストライプ部(53)及びn型電流狭窄層(6)(6)を覆って形成された第2平坦部(5b)とから構成され、二段ストライプ部(53)の両側面がn型電流狭窄層(6)(6)と接触している。尚、n型コンタクト層(2)の厚さは4.5μm、n型クラッド層(3)の厚さは1.0μm、p型クラッド層(5)の第1平坦部(5a)の厚さは0.15μm、n型電流狭窄層(6)(6)の厚さは0.30μm、p型クラッド層(5)の第2平坦部(5b)の厚さは0.10μm、p型コンタクト層(7)の厚さは0.10μmである。

【0046】ここで、p型クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)は、第1平坦部(5a)に向かって断面積が変化

(8)

13

しており、上段ストライプ部(51)と下段ストライプ部(52)の境界位置を境として断面積の変化率が正方向に増大している。即ち、上段ストライプ部(51)の断面積は第1平坦部(5a)に向かって略一定であり、上段ストライプ部(51)と下段ストライプ部(52)の境界位置にて、下段ストライプ部(52)の断面積が急激に増大して、略同一の断面積で第1平坦部(5a)に至っている。これによって、上段ストライプ部(51)の幅 $W1 (= 2 \mu m)$ が下段ストライプ部(52)の幅 $W2 (= 2.5 \mu m)$ よりも小さく形成されている。尚、下段ストライプ部(52)の高さは $0.1 \mu m$ である。

【0047】又、p型クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)は、そのストライプ形状の長手方向が窒化物半導体結晶の $[1 - 1 0 0]$ 方向となる様に形成されている。

【0048】n型コンタクト層(2)上にはn型電極(8)が設置されると共に、p型コンタクト層(7)上にはp型電極(9)が設置されている。又、活性層(4)は、図3に示す第1実施例における構成と同一である。尚、Ga N基板(11)に代えて、Si基板、6H-SiC基板、4H-SiC基板、MgO基板、若しくは $MgAl_2O_4$ 基板を採用することが可能である。

【0049】図7に示す窒化物半導体レーザ素子によれば、前記第1実施例と同様に、p型クラッド層(5)の上段ストライプ部(51)の幅 $W1$ が下段ストライプ部(52)の幅 $W2$ よりも小さく形成されているので、活性層(4)においては、電流注入領域の周囲に過飽和吸収領域が形成されることとなり、自励発振が発生する。

【0050】又、上記窒化物半導体レーザ素子においては、Ga N基板(11)上に六方晶の窒化物半導体結晶を成長させる場合、窒化物半導体結晶の方向は、基板の結晶に対して回転することはない。従って、p型クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)を窒化物半導体結晶の $[1 - 1 0 0]$ 方向に形成して、窒化物半導体結晶の $(1 - 1 0 0)$ 面でへき開を行なう場合、Ga N基板(11)は $(1 - 1 0 0)$ 面でへき開することになり、第2実施例と同様に、Ga N基板(11)のへき開を容易に行なうことが出来る。

【0051】然も、p型クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)が窒化物半導体結晶の $[1 - 1 0 0]$ 方向に形成されているため、第2実施例と同様に、選択成長によって、電流狭窄層(6)には、活性層(4)に対して略垂直な平坦な面が形成される。従って、p型クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)と電流狭窄層(6)の界面における結晶状態は良好であり、この結果、レーザ発振に寄与しない無効電流が減少し、レーザ光の不要な吸収が抑制されるので、半導体レーザ素子の特性が向上する。

【0052】その他の実施例

p型クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)の断面形状は、図9(a)に示す如く上段ストライプ部(51)及び下段

14

ストライプ部(52)のそれぞれが高さ方向に一定幅を有するものや、同図(b)に示す如く上段ストライプ部(51)の幅が活性層(4)に向かって縮小するものに限らず、例えば図9(c)及び図10(a)(b)(c)に示す如き種々の断面形状に形成することが出来る。図9(c)は、下段ストライプ部(52)を下方に拡大した断面形状に形成したものである。又、図10(a)は、上段ストライプ部(51)を下方に縮小した断面形状に形成すると共に、下段ストライプ部(52)を下方に拡大した断面形状に形成したものである。同図(b)は、下段ストライプ部(52)を下方に縮小した断面形状に形成したものである。更に同図(c)は、上段ストライプ部(51)及び下段ストライプ部(52)をそれぞれ下方に縮小した断面形状に形成したものである。

【0053】何れの断面形状を有する窒化物半導体レーザ素子においても、p型クラッド層(5)の二段ストライプ部(53)は活性層(4)に向かって断面積が変化しており、上段ストライプ部(51)と下段ストライプ部(52)の境界位置を境として断面積の変化率が正方向に増大している。又、何れの断面形状を有する窒化物半導体レーザ素子においても、p型クラッド層(5)の上段ストライプ部(51)が、下段ストライプ部(52)との境界位置にて最小幅 $W1$ を有し、下段ストライプ部(52)の下端位置での幅 $W2$ は、前記上段ストライプ部(51)の最小幅 $W1$ よりも大きく形成されている。

【0054】従って、何れの半導体レーザ素子においても、p型クラッド層(5)の上段ストライプ部(51)の幅 $W1$ によって電流注入領域幅が規定されると共に、下段ストライプ部(52)の幅 $W2$ によって発光スポット幅が規定されて、電流注入領域の周囲に過飽和吸収領域が形成されることになり、容易に自励発振が発生する。このため、素子構造パラメータの最適化において自由度が高くなると共に、従来の半導体レーザ素子の場合と比べてパラメータの寸法精度の許容範囲が大きくなり、歩留まり良く自励発振型の半導体レーザ素子を作製することが出来る。又、自励発振のために活性層(4)を厚膜化する必要がないので、閾値電流や非点隔差を増大させることなく、自励発振を実現することが出来る。

【0055】尚、本発明の各部構成は上記実施の形態に限らず、特許請求の範囲に記載の技術的範囲内で種々の変形が可能である。例えば、上述した実施の形態以外にも、基板に近い下方のクラッド層をp型半導体により形成し、基板から離れている上方のクラッド層をn型半導体により形成した半導体レーザ素子においては、下方のクラッド層を二段ストライプ構造とすればよい。この場合、下方のクラッド層のうち、活性層から離れている部分が幅狭の上段ストライプ部となり、活性層に近い部分が幅広の下段ストライプ部となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る窒化物半導体レーザ素子の第1実施例の構造を表わす斜視図である。

(9)

15

【図2】第1実施例の窒化物半導体レーザ素子の構造を表わす断面図である。

【図3】活性層の多重量子井戸構造を模式的に表わす図である。

【図4】第1実施例の窒化物半導体レーザ素子の製造方法を示す工程図である。

【図5】該窒化物半導体レーザ素子の他の製造方法を示す工程図である。

【図6】本発明に係る窒化物半導体レーザ素子の第2実施例の構造を表わす断面図である。

【図7】本発明に係る窒化物半導体レーザ素子の第3実施例の構造を表わす断面図である。

【図8】第2実施例の窒化物半導体レーザ素子の製造方法を示す工程図である。

【図9】本発明に係る窒化物半導体レーザ素子の種々の構造例を表わす断面図である。

【図10】本発明に係る窒化物半導体レーザ素子の他の構造例を表わす断面図である。

【図11】従来のリッジストライプ型半導体レーザ素子の構造を表わす断面図である。

16

【図12】従来のセルフアライン型半導体レーザ素子の構造を表わす断面図である。

【図13】従来のリッジストライプ型半導体レーザ素子の製造方法を表わす工程図である。

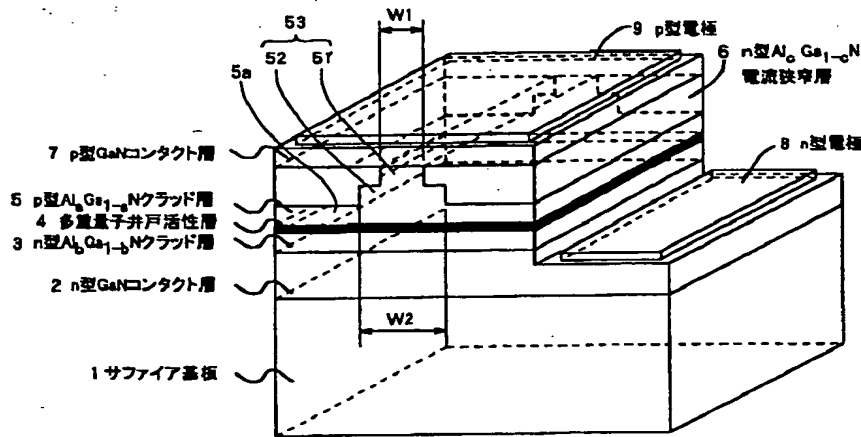
【図14】従来のセルフアライン型半導体レーザ素子の製造方法を表わす工程図である。

【符号の説明】

- (1) 基板
- (2) n型コンタクト層
- (3) n型クラッド層
- (4) 活性層
- (5) p型クラッド層
- (51) 上段ストライプ部
- (52) 下段ストライプ部
- (53) 二段ストライプ部
- (6) n型電流狭窄層
- (7) p型コンタクト層
- (8) n型電極
- (9) p型電極

20

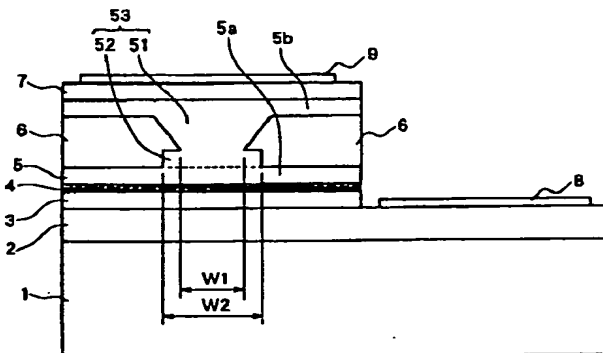
【図1】



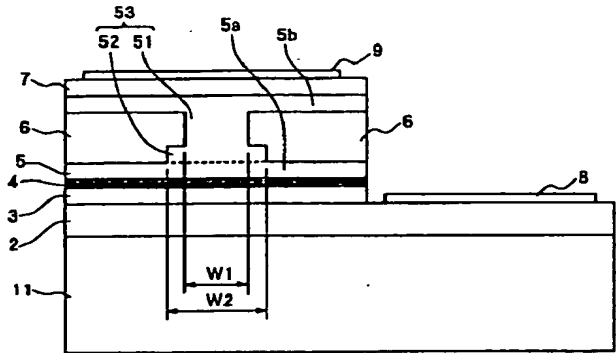
【図3】



【図6】

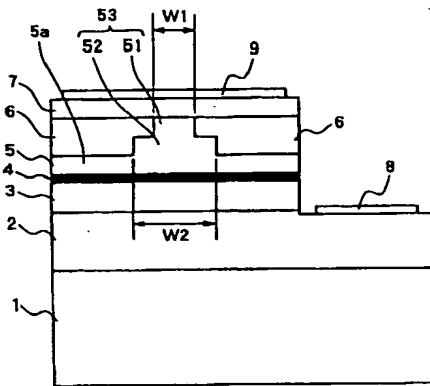


【図7】

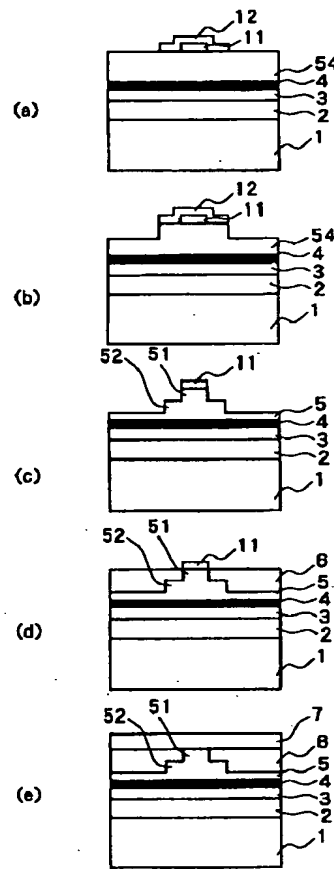


(10)

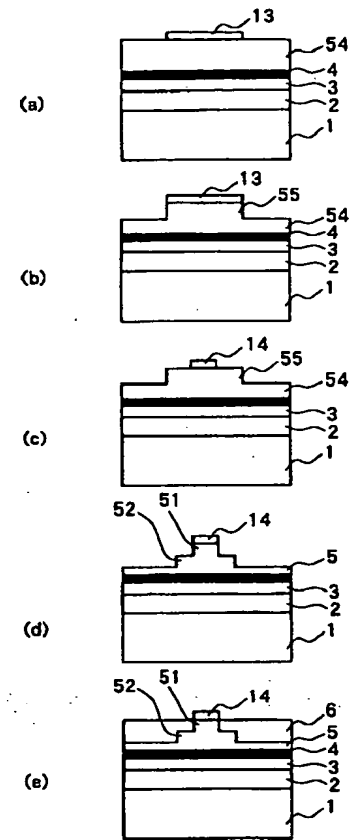
【図2】



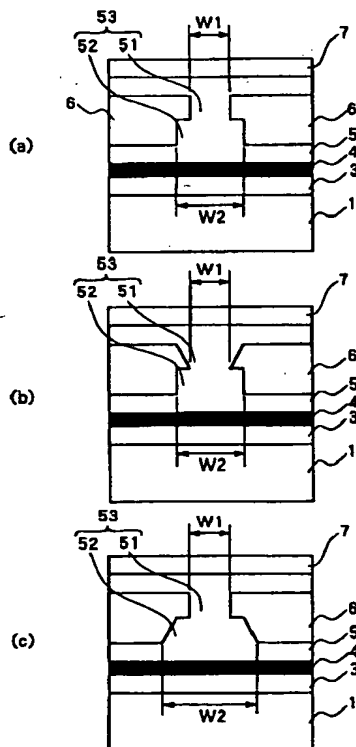
【図4】



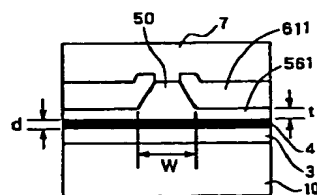
【図5】



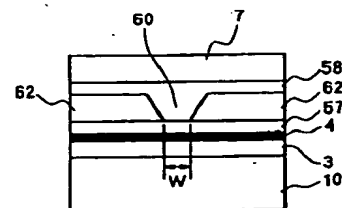
【図9】



【図11】

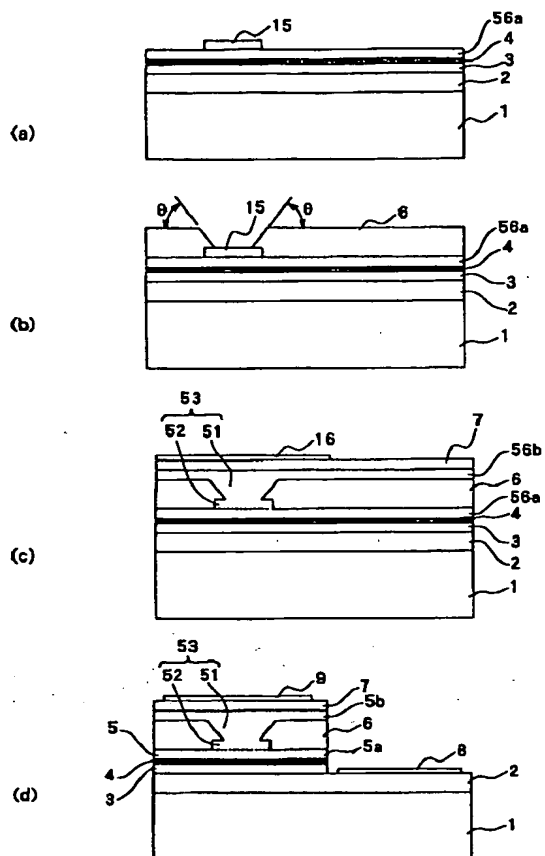


【図12】

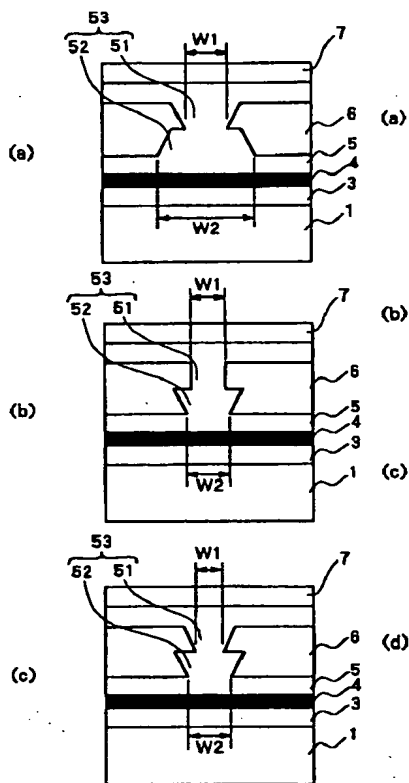


(11)

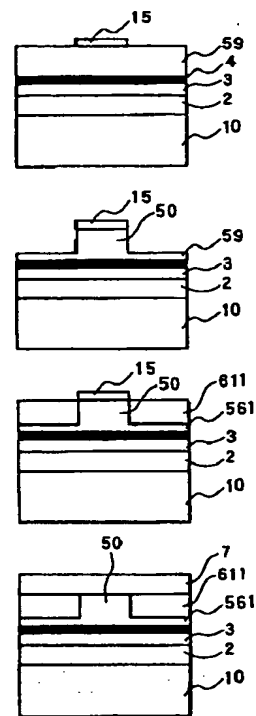
【図 8】



【図 10】



【図 13】



【図 14】

